

1972年 IUCRM コロキウムに出席して*

福 島 圓**

去る6月6日から15日まで「成層中における波と乱れおよびそれらの電磁波伝搬に及ぼす影響」と題した研究討論会が米国カリフォルニア州サンジェゴにあるカリフォルニア大学スクリップス海洋研究所の地球物理学惑星物理学研究所 (IGPP) において開かれた。会場は太平洋を見渡す崖の上 IGPP の建物の最西端のコロキウム室でベランダにでるとスクリップスの巨大な観測用棧橋が眼下左手に、それにつづいてラホヤの砂浜、まさに眺望絶佳といったところである。IUCRM (Inter-Union Commission on Radio Meteorology) コロキウムの由来については本誌 Vol. 12, No. 10 (1965年10月号) に小倉義光氏から詳しく報告されている。また最近の本誌 Vol. 19, No. 1 (1972年1月号) に神山恵三氏から寄せられた国際学術団体についての解説によりその位置づけを知ることができる。

今回のコロキウムは第1回モスクワ、第2回ストックホルムにつづく第3回である。なお「気象変量のスペクトル」と題した1969年 IUCRM スtockホルム コロキウムの Proceedings は Radio Science 誌 1969年12月号全部 (289頁) をその特集号として編集刊行されているが、URSI 第2分科会会合での簡単な報告*** もなされている。

ところで今回のコロキウムの参加者は会期末に配ばられたリストによると70名 (11ヶ国)、国別では米国46名を筆頭に英国8名、カナダ4名、オーストラリア3名、日本3名で以下スウェーデン、ノルウェー、デンマーク、ソ連、西ドイツ、インド各1名で、今回フランスの0が

目立つ。日本からは筆者の他に同じく電波研の古浜洋治氏、それに農技研の井上栄一氏の現地参加があった。会期は週末を入れて10日間、日程表は第1表のとおりである。

コロキウムは IUCRM 委員長 Chicago 大学の Prof. Atlas から波と乱れとの結びつきならびにそれらの電波・音波エネルギーへの影響についての概観展望的報告、ついで会場に充てられた IGPP の Prof. Munk から内部波と微細構造についての結合報告、それから NOAA-ERL-WPL (米国国立海洋大気庁環境研究所波動伝搬研究所) 所長の Dr. Little から対流圏の遠隔探査の現状についての総合報告という順序で初日の午前一杯これらの記念講演が続けられた。ついで6日 (火) 午後から8日 (木) 午前まで、まる2日間 Review Sessions で Program Committee から指名された Reviewer がそれぞれの分野での現状と展望についての総合報告がなされた。それで8日 (木) 午後から1日半 Contributions (論文発表) が専門分野毎にそれぞれの Session Chairman 司会の下に進められた。週末10日 (土) はバス旅行で、毎日ホテルから IGPP まで朝夕の送迎をしてくれた U.S. Navy のバスで1日がかりのパロマ天文台見学、そのほか7日 (水) は午後の終りを1時間繰上げてサンジェゴ NELC 見学があった。

サンジェゴ NELC (海軍電子研究センター) はその前身、海軍電波・音波研究所時代から電波気象研究が盛んで旧くは1944年頃にさかのぼって高度300m-1,000mに発生する顕著な逆転層と VHF・UHF 電界強度との対比研究は有名である。太平洋に面した丘の中腹に点する実験施設の中の一つ FM-CW レーダについてその開発研究者 Dr. Richter から高度300m程度に発生する K-H 波に伴う特殊エコー観測の数々ならびにその装置細部、送受分離アンテナを使用しているがその side-lobe の影響をカットするための苦心談などを見聞することができた。見学の合い間、眼下の磯に寄せる波浪、ときにかなり沖合で波頭がくだけることがある。その波音の雄

* Report on 1972 IUCRM Colloquium on Waves and Turbulence in Stratified Layers and Their Effects on EM Propagation

** M. Fukushima 郵政省 電波研究所

*** 福島圓, 内藤恵吉: "1969 IUCRM Stockholm Colloquiumに出席して", URSI 第2分科会第168回会合講演 (気象研究所) 1969年7月18日。
—1972年8月22日受理—

第1表 1972年 IUCRM コロキウム日程表

6月	午 前	午 後	備 考
6日(火)	開会 記念講演	総合講演②③	
7日(水)	総合報告④⑤	総合報告⑤⑥	NELC見学
8日(木)	総合報告⑦⑧	論文発表②③⑥	
9日(金)	論文発表④⑤	論文発表⑦⑧	カクテルパーティ
10日(土)		バス旅行パロマ天文台見学	
11日(日)			
12日(月)	Working Group Meeting	Working Group Meeting	
13日(火)	Working Group Meeting	Working Group Meeting	晩餐会
14日(水)	Working Group Leader 報告	Working Group Leader 報告	
15日(木)	閉会 (Working Group Meeting)		

Session Titles :

- ① Origin of Turbulence in Stable Layers
- ② Remote Probing of Turbulence in Stable Layers
- ③ Turbulent Transport and Structure in the Boundary Layer
- ④ Effects on E and M Propagation
- ⑤ Interactions of Waves and Turbulence
- ⑥ Larger Scale Interactions and Predictions
- ⑦ Theoretical and Experimental Analyses of Stability Criteria
- ⑧ Laboratory Experiments

大さ、ドーンと響く波音まさに腹にしみ通るものがある。崖がかなり高く距離が相当あるため、波音の低周波成分が卓越するためである。

翌週12日(月)朝1時間ばかり Working Group についての打合せ、そのときまで残った参加者全員予め Program Chairman が編成した9つの Working Group に分けられ、各 Group 毎に2日間適当な場所を探がして討論、Working Group Report 作成作業を分担することとなった。筆者は AFCRL の Ken Hardy に呼び掛けられ「パロクリニックゾーンにおける乱れの子測について」という表題のもとにシヤのある安定成層中の CAT および DOT (Deep Ocean Turbulence) の子測についての現状、将来方向をまとめる Working Group に参加することとなったが報告書作成には殆ど寄与することはできなかった。14日(水)午前午後とも Working Group Report 発表討論、このころになると前半の論文発表のときまでとは大分様子が違い会場は空席の方が目立ち、討論も精彩を欠く感じとなった。

なお、これら Working Group Meeting と併行して

Contributed paper として採択希望の論文査読が行われた。コロキウム委員長 Brad Bean のもとに提出された論文はすぐ査読者にまわされ、査読者のコメントがまとめられるとこれまたすぐ著者に連絡してくるといった具合であった。レーザ光の乱れのある大気中伝搬における受信強度変動分布の測定に関する我々の論文については Dartmouth 大学の Prof. Strohbehn の査読、コメントに対する応酬、若干の修正作業も会期中に終えて15日(木)13時までの提出期限に間に合わせる事ができた。これらの Contributed paper を含めて1972年 IUCRM コロキウムの Proceedings は昨年創刊された Boundary Layer Meteorology 誌1972年9月—12月合併号に特集されることとなった。聞くところによると提出論文の3分の1は却下されたそうである。

日常の雑務から全く解放された環境において専門家同士の討論、総合報告あるいは発表論文のとりまとめ等のため職場脱出を enjoy した人達には短かかったろうが言葉に不自由な者にはいささかこの10日間は長かった。15日(木)朝の最後の Meeting で委員長 Prof. Atlas

の労を謝し、また裏方の Secretary 達へのプレゼント代集めまでして呉れた IGPP の若手 Bob Stewart の会場準備に御苦労を言い、Brad Bean が次期3年間の委員長に就任する挨拶などがあり短時間のうちに閉会したが Working Group によってはさらに Meeting をもつなどして最終日を過ごした。

さて今回のコロキウムの内容について筆者の理解の範囲の一部、電波・光波・音波に関連したところ、すなわち、記念講演では Atlas および Little、総合報告では Session ② の Ottersten と Session ④ の Gjessing, Lane, Strohhahn それに論文発表④における Furuhashi and Fukushima について所感を交えて述べることにする。

(1) 安定成層領域中の薄いエコー層に伴う微小スケールの規則的運動と大気構造 (J.I. Metcalf and D. Atlas) 高分解能 (1 m) の FM-CW レーダによる晴天大気中の薄いエコー層に対する解析報告である。観測地点はサンジェゴ NELC で微小スケール観測機器を搭載した NCAR (National Center for Atmospheric Research) 所属の飛行機による観測とを組合わせたものである。典型的な薄いエコー層の特性は5 m 位の厚さで7—10 m 間隔の2層からなっている。週期1—1.5分の正弦波状の高度変化を示す場合がしばしばある。そして海洋性逆転層の base から30—40 m 上部に位置するといったところである。提示されたエコー層観測データは1970年6月19日13時56分前後数十分間のものであるが、詳細に解析された飛行機観測データは高度345 m から325 m までエコー層を斜めに突切った降下飛行8秒間のものである。これらから、この薄いエコー層も強烈な逆転層の中にありシヤも極大の中にあること Ri 数は0.25より僅かに小さく、5—10 m の距離で移動平均をとった風速変動プロファイルによるとエコー層高度と一致する高さの10—20 m 厚さの層内に Mechanical turbulence は限定され、層の外では乱れは negligible であることが判った。また、この8秒間の気温変動のスペクトラム、気温変動と風速変動垂直成分とのコスペクトラム解析から0.75 Hz、空間的波長にして80 m の波が卓越すること、またその高調波が顕著であることなどから薄いエコー層は波長80 m 振幅11 m のケルビン-ヘルムホルツ波(K-H波)に伴うものであることを結論している。なおこの比較的大きなK-H波による規則的なリップルも3—4 m の微小スケールにわたって存在することも指摘されている。これらの観測事実からレーダエコーの可能性ある原因と

して二つのことが考えられる。

- (a) interfacial zone 内において完全に発達した乱れからの後方散乱、
- (b) 適当に配列された微小スケールK-H波リップルからの鏡面反射。

Prof. Atlas 等は(a)を第一に考えている。さらにこのほかレーダ信号や対流圏散乱波に関する含蓄ある考察などが披露されたがいづれも興味深いものがあった。ともあれ Booker-Gordon の対流圏散乱波理論が発表されてからここに20余年、電波を散乱させる大気微小スケールの不規則性についての観測が数多続出したが、今日までの主な直接・間接観測結果を検討しつつ精度が一段と向上した観測機器をよく集中させて困難な観測を実施したこと全く敬服に値する。電波散乱源の実体は何であれ実用通信としての対流圏散乱波通信系は完成している今日なおその伝搬機構の核心ともいべき微小スケール大気構造を追求している執念を見せつけられたような気がした。彼は電波研の筆者等によるヘリコプター曳航の特殊リフラクトメーターによる薄層片の観測結果も引用していたが、講演中わざわざ筆者の名を挙げて紹介するなど如才のない彼の人柄に感心すると同時に、同種の他の研究者とは区別されたお客様扱いにはいささか引け目を感じたりもした。

(2) 対流圏の遠隔探査の現状(C.G. Little)

自然状態を擾乱することなく測定する遠隔探査法の必要性を強調しそれぞれの遠隔探査技術固有の特徴ないしは有効性を認識しようという意図のもとにまとめられたもので、音波・電波・光波ごとにまとめられた技術の発展段階を明確にした多数の比較表を提示したものである。そして対流圏の全高度範囲に応用しうるものとプラネタリー境界層に限定されるものととの区別を明確にしており、また晴天大気、曇天大気、降水状態の三つに分類して音波・電波・光波の適用能力を考察している。遠隔探査の対象である気象パラメータは風、温度、湿度、雲粒、降水、エアロゾル、公害ガスである。世界各地で得られた最新の観測例をも示し、これらの技術についての親疎に拘らず裨益するところ多い総合報告であろう。

(3) 静的に安定な晴天大気層中の波と乱れに対するレーダおよびソーダ探査(H. Ottersten, K.R. Hardy and C.G. Little)

安定成層大気層中の波と乱れに対する遠隔探査によって、過去3年間に得られた各種の現象の集大成総合報告で表題の示すとおり各種のレーダならびにソーダ観測結

果に対する気象学的説明である。ここで初めてレーダに因んでソーダ (SOund Detection And Ranging) の用語が提案、賛同され以後このコロキウムではソーダが用いられるようになった。もっとも Ottersten からこの提案が説明された途端にひょうきんな Bretherton の大きな声でウォーターの野次が飛んで皆大笑いとなった。報告は観測方法論、散乱理論について概観的解説を述べた後、レーダやソーダによる観測エコーについての知見を要領よくまとめたものである。ソーダやレーダのエコーパターンから multiple layering, gravity waves, internal fronts, dynamic instabilities あるいはシヤのある安定成層中の乱れの発生など晴天大気中の成層状態に伴う現象についての様相が判明することを述べている。勿論これらの現象は通常の気象パラメーター高度分布あるいは微気圧計データと組合せることによって一層明確になることは当然である。

さらにソーダやレーダのエコー強度からそれぞれの2分の1波長程度のスケールの風速変動・温度変動・湿度変動についての量的な情報が得られること、またソーダやレーダのドップラー周波数測定から視線方向速度が判かり大気の垂直運動や平均水平風速が算定されることなどを報告している。実測例としては NELC の Richeter や Gossarrd の FM-CW レーダ観測; Wallops 島および英国 Defford の大出力レーダによる CAT 観測; ボウルダーの WPL の Hall のソーダ観測; 同じく Bean の FM-CW レーダ観測; 同じく Beran と Clifford とによるドップラーソーダ観測などが多数紹介され、一大労作の感がした。

(4) 対流圏内の乱れのある成層研究に対する前方散乱技術の利用について (D.T. Gjessing)

対流圏伝搬に関して大気屈折率高度分布についての三つのモデルを挙げて伝搬距離(散乱角)対受信電力の一般的特性を説明したのち、かなりの数の対流圏散乱伝搬実験をつぎの7種に分類し、

- (a) ビームスウィング実験、
- (b) 2周波同時実験、
- (c) 垂直方向相関距離測定、
- (d) 水平方向相関距離測定、
- (e) アンテナ媒質間結合損失測定、
- (f) 遅延時間測定、
- (g) 周波数掃引実験、

それぞれの実験から推定することのできる乱れのある成層の構造について検討したところを報告したものであ

るが、実際問題の複雑性のため不確定性はまぬがれないだろう。

(5) 電波伝搬に及ぼす大気屈折率の不規則性の影響 (J.A. Lane)

先づ見通し内伝搬と大気の不規則性についての関係で乱れが一様である場合は弱い散乱現象が見られること、接地層が特殊な大気屈折率分布を示す場合は超屈折現象すなわちラジオダクトを示すこと、そして上空にS型の大気屈折率分布の対流圏層が存在する場合には強い散乱現象あるいは分反射現象を示すことを説明した。ついで見通し外伝搬と大気の不規則性についての関係で大気屈折率の乱れによる電波の散乱に対する散乱断面積は大気屈折率の乱れの強さおよびスペクトラム密度に比例することによって電波伝搬と大気パラメーターとが関係していることを説明し、ついでレーダの場合のような後方散乱に対する反射率も同様であることを説明した後、英国 RSR (電波・宇宙研究ステーション) におけるレーダならびに係留気球・飛行機観測によるレーダエンジェルの研究結果の帰結として円板状の薄層片というモデルが妥当することを報告した。目新しい内容ではないように思はれるが、異なる専門分野の人達を集めた当コロキウムでは、どうしてもこの程度の解説的総合報告もまた必要なのであろう。

(6) 大気乱流の見通し内伝搬における影響 (J.W. Strohbehn)

この報告は、もともと contributed paper として提出していたものを Review Session にまわしたらしく、あまり一般性のある話題ではなかったが、伝搬屋(Radio Scientist) からみた乱流屋(Atmospheric Physicist) への注文がまとめてあり興味深かった。「大気乱流の見通し内伝搬における影響」と題して圏界面に大気屈折率の乱れがある場合をモデル化して解析したものであった。すなわち光源は星の光で、地上 L km の高さに厚さ W km の phase screen があるとき地上におけるフレネル・ゾーン内の2点間の相互相関関数はどのようになるかを理論的に検討したものである。そして phase screen の影響、その層状媒質のスペクトラム、使用すべき荷重関数について数値例をあげて調べている。しかしこれまでに判っている知識では、不確定性が非常に大きくモデルの多数の定数を決めることは極めて難しい。伝搬路における媒質の使い易い情報が必要とされる所以である。

(7) 大気乱流中を伝搬するソーザ波の対数強度分布測定 (Y. Furuhashi and M. Fukushima)

Session ④ の contributed paper のうち光波伝搬に関するものは、我々が提出したものであり、コロキウムの参加者の構成柄、主要な興味の対象とはならなかったが、レーザ波伝搬を使って大気パラメーターの一つ C_n^2 (大気屈折率構造関数定数) の決定法を提出したことで注目を浴びた。これはレーザ波の大気伝搬において受信ビーム中の異なる3点で同時にシンチレーションを測定

し、古津理論に基づいて解析したもので、理論と実験結果とが非常によく合致している。従来、レーザ波の大気伝搬は平面波あるいは球面波近似によって行われていた。しかしビーム波で且つ前方散乱を正確に考慮すると受信ビーム中の観測点の位置によってシンチレーションが著しく異なってくるのが判明したことは非常に重要であり、今後この理論に立脚した実験データの洗い直しが必要であるように思われる。(終りの(6), (7)項は古津洋治氏が執筆した。)

第17期 全国理事会 (秋季)

議 事 録

日 時 昭和47年10月24日 (火) 17.30~20.00

場 所 新潟市商工会議所会議室

出席者 磯野, 孫野, 山本, 岸保, 北川, 大井, 駒林, 二宮, 丸山, 小平, 河村, 伊藤, 中山 (以上理事), 久保 (大会委員長), 藤田 (監事)

議題とその経過

1) 春, 夏の講演会の地方開催について

地方支部の自主的なものにまかせること, またシンポジウムの形式について話しあった。反対意見なし。

2) 天気編集地方委員の承認について

天気の内容充実のため東京を除く各支部に更に一名の地方委員を委しょくすることが承認された。

北海道地区 菊地勝弘 (北大), 東北地区 田中正之 (東北大) 関西地区 浅井富雄 (京大), 九州地区 小島隆義 (福岡管区)

3) 学会の経理状況について

学会経理の苦しいことは了解され, 改善のための具体

案として

- (i) 賛助会員を増すこと
- (ii) 集誌別刷代を大幅に値上すること
- (iii) 集誌にページ・チャージをつけること
- (iv) 会費前納にすること

などが話し合われた。次の常任理事会で具体案を検討することになった。

4) 気象集誌投稿の共著者の資格について

原則として会員であることとし, その都度適宜判断することになった。

5) 用語委員会の委員について

10月16日の常任理事会で承認されたものが報告された。

6) 東レ財団研究助成金候補者の推せんについて

専門家の意見をただしたところ, 矢野直会員のものだけを推せんすることにした。